

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання контрольної роботи
з курсу

ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ

*(для студентів 3,4 курсів денної і заочної форм навчання
за напрямом підготовки 6.050701 – Електротехніка та електротехнології,
а також для слухачів другої вищої освіти
за спеціальністю «Електротехнічні системи електроспоживання»)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2016

Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з курсу «Електричні апарати» (для студентів 3,4 курсів денної і заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.050701 – Електротехніка та електротехнології, а також для слухачів другої вищої освіти за спеціальністю «Електротехнічні системи електроспоживання») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: С. В. Швець, Д. В. Рум'янцев. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 36 с.

Укладачі: канд. тех. наук **С. В. Швець**
Д. В. Рум'янцев

Рецензент: **В. М. Гаряжа**, доцент Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою систем електропостачання та електроспоживання міст, протокол засідання № 10 від 14 квітня 2016 р.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	4
1 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ.....	5
1.1 Загальні вимоги.....	5
1.2 Нумерація розділів, підрозділів, пунктів, підпунктів.....	6
1.3 Ілюстрації.....	6
1.4 Таблиці.....	7
1.5 Переліки.....	8
1.6 Формули.....	8
2 ЗАВДАННЯ ДО КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ.....	9
3 ДОВІДКОВІ МАТЕРІАЛИ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ.....	15
3.1 Класифікація електричних апаратів.....	15
3.2 Апарати розподільних установок низької напруги.....	16
3.3 Автоматичні вимикачі.....	16
3.4 Вибір автоматів.....	17
3.5 Автоматичні вимикачі серії АЕ 20.....	18
3.6 Автоматичні вимикачі серії ВА.....	19
3.7 Автоматичні вимикачі серії АП.....	20
3.8 Рубильники.....	21
3.9 Запобіжники.....	21
3.10 Контактори.....	23
3.11 Магнітні пускачі.....	27
3.12 Ручні пускачі.....	32
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	33

ВСТУП

Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з навчальної дисципліни «Електричні апарати» призначені для студентів 3, 4 курсу денної форми та 4 курсу заочної форми навчання, а також для слухачів другої вищої освіти за напрямом підготовки 6.050701 – Електротехніка та електротехнології, спеціальність 7.05070103 – Електротехнічні системи електроспоживання.

У курсі «Електричні апарати» вивчаються основи теорії електричних апаратів високої та низької напруги, контактних і безконтактних елементів автоматики, що обслуговують електроустановки по виробництву, перетворенню, розподілу та споживанню електричної енергії. Аналізуються конструкції сучасних розподільчих пристроїв. Вивчаються методи вибору низьковольтних електричних апаратів при проектуванні електричних мереж.

У методичних вказівках надані перелік запитань до виконання контрольної роботи, а також довідковий матеріал щодо різних груп електричних апаратів.

Докладний список літератури, наведений у методичних вказівках, дозволить студентам поглиблювати і розширювати здобуті знання, плідно використовувати час, призначений для самостійної роботи.

Методичні вказівки ухвалено:

Кафедрою систем електропостачання та електроспоживання міст.
(протокол № 10 від 14 квітня 2016 р.).

1 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ

Контрольну роботу виконують відповідно до виданого керівником завдання.

Розрахунок здійснюють на стандартних аркушах паперу.

На початку розрахунку поміщають титульний лист, далі йде видане керівником завдання, потім зміст, і наприкінці контрольної роботи приводять перелік посилань.

Нумерацію сторінок пояснювальної записки, зміст, заголовки таблиць і оформлення графіків роблять відповідно до вимог ЕСКД.

По кожному розділі завдання необхідно написати коротке пояснення, що аналізує й узагальнює отримані результати.

1.1 Загальні вимоги

Усі матеріали контрольній роботі розміщують тільки на одній стороні сторінки з дотриманням наступних параметрів сторінки: поля зверху, зліва, знизу – не менше 20 мм, справа – не менше 10 мм.

Контрольну роботу оформлюють на аркушах формату А4 (210х297 мм). За необхідністю допускається використання аркушів формату А3 (297х420 мм). Її текст виконують машинним способом (за допомогою комп'ютерної техніки), або записують вручну відповідно до вимог, що перелічені нижче.

Контрольну роботу друкують через півтора інтервали з розрахунку не більше 40 рядків на сторінці за умови рівномірного її заповнення та висотою літер і цифр не менш, ніж 1,8 мм. Рекомендується використовувати стандартний шрифт Times New Roman, розмір 14 пт.

Окремі слова, формули, знаки, які вписують у надрукований текст, мають бути чорного кольору; щільність вписаного тексту має максимально наближуватись до щільності основного тексту. Абзацний відступ повинен бути однаковим впродовж усього тексту і дорівнювати п'яти знакам (1,25 см).

Під час виконання контрольної роботи необхідно дотримуватись рівномірної щільності, контрастності і чіткості зображення впродовж усього документу. Помилки, описки та графічні неточності допускається виправляти підчищенням або зафарбовуванням білою фарбою і нанесенням на тому ж місці або між рядками виправленого зображення машинописним способом або від руки. Виправлення повинно бути чорного кольору. Необхідно, щоб число виправлень на сторінці було мінімальним. При наявності на сторінці більше 4-5 виправлень вона повинна бути передрукована заново.

Структури елементів не нумерують, а їх назви правлять за заголовки структурних елементів. Розділи і підрозділи повинні мати заголовки. Пункти і підпункти можуть мати заголовки.

Кожен розділ повинен починатися з нової сторінки.

Заголовки структурних елементів пояснювальної записки і заголовки розділів слід розташовувати посередині рядка і друкувати великими літерами без крапки в кінці, не підкреслюючи. Заголовки підрозділів, пунктів і

підпунктів слід починати з абзацного відступу і друкувати маленькими літерами, крім першої великої, не підкреслюючи, без крапки в кінці.

Якщо заголовок складається з двох і більше речень, їх розділяють крапкою. Перенесення слів у заголовку розділу не допускаються.

Відстань між заголовком і подальшим чи попереднім текстом має бути не менше, ніж один рядок.

Відстань між основами рядків заголовку, а також між двома заголовками приймають такою, як у тексті.

Не допускається розміщувати назву розділу, підрозділу, а також пункту і підпункту в нижній частині сторінки, якщо після неї розміщено тільки один рядок тексту.

1.2 Нумерація розділів, підрозділів, пунктів, підпунктів

Розділи, підрозділи, пункти, підпункти слід нумерувати арабськими цифрами.

Розділи повинні мати порядкову нумерацію в межах викладення суті роботи і позначатися арабськими цифрами без крапки, наприклад, 1, 2, 3 і т.д.

Підрозділи повинні мати порядкову нумерацію в межах кожного розділу.

Номер підрозділу складається з номера розділу і порядкового номера підрозділу, відокремлених крапкою. Після номера підрозділу крапку не ставлять, наприклад, 1.1, 1.2 і т.д.

Пункти повинні мати порядкову нумерацію в межах кожного підрозділу.

Номер пункту складається з номера розділу, порядкового номера підрозділу та порядкового номера пункту, відокремлених крапкою. Після номера пункту крапку не ставлять, наприклад, 1.1.1, 1.1.2 і т.д.

Номер підпункту складається з номера розділу, порядкового номера підрозділу, порядкового номера пункту і порядкового номера підпункту, відокремлених крапкою, наприклад, 1.1.1.1, 1.1.1.2, 1.1.1.3 і т.д. Після номера підпункту крапку не ставлять.

Якщо розділ або підрозділ складається з одного пункту, або пункт складається з одного підпункту, його нумерують.

1.3 Ілюстрації

Ілюстрації (креслення, рисунки, графіки, схеми, діаграми, фотознімки) слід розміщувати безпосередньо після тексту, де вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. На всі ілюстрації мають бути посилання.

Якщо ілюстрації створені не автором роботи, необхідно при поданні їх дотримуватись вимог чинного законодавства про авторські права.

Креслення, рисунки, графіки, схеми, діаграми, розміщені у контрольній роботі, мають відповідати вимогам стандартів «Единой системы конструкторской документации» та «Единой системы программной документации».

Фотознімки розміром менше за формат А4 мають бути наклеєні на аркуші білого паперу формату А4.

Ілюстрації можуть мати назву, яку розміщують під ілюстрацією. За необхідності під ілюстрацією розміщують пояснювальні дані (підрисунковий текст).

Ілюстрація позначається словом «Рисунок __», яке разом з назвою ілюстрації розміщують після пояснювальних даних, наприклад, «Рисунок 3.1 – Схема розміщення обладнання».

Ілюстрації слід нумерувати арабськими цифрами порядковою нумерацією в межах розділу, за винятком ілюстрацій, наведених у додатках. Номер ілюстрації складається з номера розділу і порядкового номера ілюстрації, відокремлених крапкою, наприклад, рисунок 3.2 – другий рисунок третього розділу. Якщо у роботі вміщено тільки одну ілюстрацію, її також нумерують.

Якщо ілюстрація не вміщується на одній сторінці, її можна переносити на інші сторінки, вміщуючи назву ілюстрації на першій сторінці, пояснювальні дані – на кожній сторінці, і під ними позначають: «Рисунок __, аркуш __».

1.4 Таблиці

Горизонтальні та вертикальні лінії, які розмежовують рядки таблиці, а також лінії зліва, справа і знизу, що обмежують таблицю, можна не проводити якщо їх відсутність не утруднює користування таблицею.

Таблицю слід розташовувати безпосередньо після тексту, у якому вона згадується вперше, або на наступній сторінці. На всі таблиці мають бути посилання в тексті.

Таблиці слід нумерувати арабськими цифрами порядковою нумерацією в межах розділу, за винятком таблиць, що наводяться у додатках. Номер таблиці складається з номера розділу і порядкового номера таблиці, відокремлених крапкою, наприклад, таблиця 2.1 – перша таблиця другого розділу. Якщо у контрольній роботі одна таблиця, її також нумерують.

Таблиця може мати назву, яку друкують малими літерами (крім першої великої) і вміщують над таблицею. Назва має бути стислою і відбивати зміст таблиці.

Якщо рядки або графи таблиці виходять за межі формату сторінки, таблицю поділяють на частини, розміщуючи одну частину під одною, або поруч, або переносячи частину таблиці на наступну сторінку, повторюючи в кожній частині таблиці її головку і боковик. При поділі таблиці на частини допускається її головку або боковик замінити відповідно номерами граф чи рядків, нумеруючи їх арабськими цифрами у першій частині таблиці.

Слово «Таблиця __» вказують один раз зліва над першою частиною таблиці, над іншими частинами пишуть: «Продовження таблиці __» з зазначенням номера таблиці.

Заголовки граф таблиці починають з великої літери, а підзаголовки – з малої, якщо вони складають одне речення з заголовком. Підзаголовки, що

мають самостійне значення, пишуть з великої літери. В кінці заголовків і підзаголовків таблиць крапки не ставлять. Заголовки і підзаголовки граф указують в однині.

Цифрові величини, що поміщаються в таблицю, повинні мати однакову кількість десяткових знаків. Дробові числа наводять у вигляді десяткових дробів. Одиниці виміру величин вказують в підзаголовках граф через кому.

1.5 Переліки

Переліки, за потреби, можуть бути наведені всередині пунктів або підпунктів. Перед переліком ставлять двокрапку. Перед кожною позицією переліку слід ставити малу літеру української абетки з дужкою, або, не нумеруючи – дефіс (перший рівень деталізації).

Для подальшої деталізації переліку слід використовувати арабські цифри з дужкою (другий рівень деталізації). Переліки першого рівня деталізації друкують малими літерами з абзацного відступу, другого рівня – відступом відносно місця розташування переліків першого рівня.

1.6 Формули

Формули розташовують безпосередньо після тексту, в якому вони згадуються, посередині сторінки. Формули (за винятком формул, наведених у додатках) слід нумерувати порядковою нумерацією в межах розділу. Номер формули складається з номеру розділу і порядкового розділу формули, відокремлених крапкою, наприклад, формула (1.3) – третя формула першого розділу. Номер формули зазначають на рівні формули в дужках у крайньому правому положенні на рядку.

Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів, що входять до формули та рівняння, слід наводити безпосередньо під формулою у тій послідовності, в якій вони наведені у формулі. Пояснення значення кожного символу чи числового коефіцієнта слід давати з нового рядка. Перший рядок пояснення починають з абзацу словом «де» без двокрапки.

Переносити формули на наступний рядок допускається тільки на знаках виконуваних операцій, повторюючи знак операції на початку наступного рядка.

Коли переносять формули або рівняння на знаковій операції множення, застосовують знак «х». Якщо у тексті тільки одна формула чи рівняння, її також нумерують.

2 ЗАВДАННЯ ДО КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Визначення варіанту.

Вихідні дані для виконання контрольної роботи представлені у таблиці 2.1. Номер варіанту відповідає номеру по списку в журналі навчальної групи студента. Відповідно до номеру варіанта завдання студент обирає питання з переліку питань до контрольної роботи, що наведені нижче.

Завдання для виконання.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для виконання контрольної роботи

№ варіанту	Порядковий номер питання з переліку									
1	1	2	3	4	5	53	54	55	56	57
2	6	7	8	9	10	58	59	60	61	62
3	11	12	13	14	15	63	64	65	66	67
4	16	17	18	19	20	68	69	70	71	72
5	21	22	23	24	25	73	74	75	76	77
6	26	27	28	29	30	78	79	80	81	82
7	31	32	33	34	35	83	84	85	86	87
8	36	37	38	39	40	88	89	90	91	92
9	41	42	43	44	45	93	94	95	96	97
10	46	47	48	49	50	98	99	100	101	102
11	51	52	1	2	3	103	104	105	106	107
12	4	5	6	7	8	108	109	110	111	112
13	9	10	11	12	13	113	114	115	116	117
14	14	15	16	17	18	118	119	120	121	122
15	19	20	21	22	23	123	124	125	126	127
16	24	25	26	27	28	128	129	130	131	132
17	29	30	31	32	33	133	134	135	136	137
18	34	35	36	37	38	138	139	140	141	142
19	39	40	41	42	43	143	144	145	146	147
20	44	45	46	47	48	148	149	150	151	152
21	49	50	51	52	1	153	154	155	156	157
22	2	3	4	5	6	158	159	160	161	162
23	7	8	9	10	11	163	164	165	166	167
24	12	13	14	15	16	53	54	55	56	57
25	17	18	19	20	21	58	59	60	61	62
26	22	23	24	25	26	63	70	82	83	84
27	27	28	29	30	31	79	61	76	78	80
28	32	33	34	35	36	91	90	93	105	106
29	37	38	39	40	41	104	115	123	136	167
30	42	43	44	45	46	121	132	145	154	112

ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДО КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ «ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ»

1. Класифікація електричних апаратів.
2. Основні матеріали, що застосовують в апаратобудуванні.
3. Загальні вимоги до всіх груп електричних апаратів.
4. За якими параметрами оцінюються електричні апарати.
5. Що таке електрична та механічна зносостійкість.
6. Що таке комутаційна здатність та ізоляційна стійкість.
7. Що таке термостійкість та електродинамічна стійкість.
8. Основні параметри електричних апаратів.
9. Категорії розміщення електричних апаратів.
10. Захисні оболонки електричних апаратів.
11. Основні складові частини електричних апаратів.
12. Режим роботи електротехнічних пристроїв.
13. Режим роботи електричних апаратів.
14. Що таке термічна та електродинамічна стійкість контактів.
15. Що таке розчин контактів, зношування та вібрація контактів.
16. Що таке електричне контактне з'єднання, контакт, контактні поверхні та розбірний контакт.
17. Що таке ковзний, точковий, лінійний та поверхневий контакт.
18. Що таке контактне натискання, початкове та кінцеве контактне натискання, провал контактів.
19. Поверхневий ефект та ефект близькості у провідників зі струмом.
20. Явище теплопровідності в електричних апаратах.
21. Конвекція в електричних апаратах.
22. Явище теплового випромінювання при розгляді процесів нагрівання та охолодження в електричних апаратах.
23. Вимоги до зменшення потужності джерел теплоти в електричних апаратах.
24. Термічна стійкість електричних апаратів.
25. Намагнічування та магнітні матеріали.
26. Комутація електричного ланцюга.
27. Основні властивості дугового розряду.
28. Дифузія електричної дуги.
29. Термоелектронна емісія електричної дуги.
30. Автоелектронна емісія електричної дуги.
31. Іонізація поштовхом електричної дуги.
32. Термічна іонізація електричної дуги.
33. Рекомбінація електричної дуги.
34. Статична вольтамперна характеристика електричної дуги постійного струму.
35. Динамічна вольтамперна характеристика електричної дуги постійного струму.

36. Умови гасіння дуги постійного струму.
37. Особливості електричної дуги змінного струму.
38. Класифікація електричних контактів.
39. Контактна поверхня й контактний опір.
40. Залежність перехідного опору від властивостей матеріалу контактів.
41. Вплив перехідного опору контактів на нагрів провідників.
42. Зварювання електричних контактів.
43. Зношування контактів.
44. Параметри контактних конструкцій.
45. Матеріали для контактних з'єднань.
46. Дати визначення автоматичному повітряному вимикачу (автомату).
47. Класифікація реле.
48. Основні характеристики реле.
49. Які реле мають назву вимірювальних? Що так максимальні та мінімальні реле?
50. Що таке реле?
51. Які бувають реле за принципом дії?
52. Що таке селективність реле? Як за цією ознакою класифікують реле?
53. Які реле називають електромагнітними?
54. Які конструкції електромагнітних реле ви знаєте?
55. Назвіть основні вузли конструкції електромагнітних реле.
56. Наведіть формулу залежності обертаючого моменту електромагнітного реле від струму в обмотці.
57. Яку величину називають струмом спрацьовування електромагнітного реле?
58. Перелічіть способи регулювання уставок реле типу РТ – 40.
59. Яку величину називають коефіцієнтом повернення?
60. Приведіть перелік операцій по контролю технічного стану реле типу РТ – 40.
61. З якою метою при контролі реле обчислюють коефіцієнт повернення?
62. Які властивості реле характеризують коефіцієнтом повернення?
63. Який за величиною коефіцієнт повернення повинен бути в електромагнітному реле типу РТ – 40 і чому?
64. Які елементи конструкції реле типу РТ – 40 призначені для регулювання уставок?
65. Наведіть перелік основних технічних характеристик реле типу РТ – 40.
66. Для чого призначено барабанчик на осі якоря реле типу РТ – 40?
67. Яку функцію в реле типу РТ – 40 виконує спіральна пружина?
68. Наведіть формулу, що відображає умови спрацьовування електромагнітних реле.
69. Перелічіть способи підвищення коефіцієнта реле типу РТ – 40.

70. Для якої мети призначені дві полуобмотки в конструкції реле типу РТ – 40?
71. Яку величину називають струмом повернення електромагнітного реле типу РТ – 40?
72. Якими способами можна досягти зниження надмірного моменту?
73. Які реле одержали назву індукційних?
74. Які конструкції індукційних реле Ви знаєте?
75. Перелічіть основні вузли конструкції реле типу РТ-80.
76. Якій меті служать короткозамкнені витки на полюсах магнітної системи?
77. Наведіть формулу обертаючого моменту для реле типу РТ-80.
78. Чим забезпечується сталість швидкості обертання диска при незмінній величині струму в обмотці?
79. За рахунок чого в реле РТ-80 забезпечується зсув магнітних потоків у просторі?
80. Яку величину називають струмом спрацьовування індукційного елемента?
81. Які елементи конструкції реле типу РТ-80 використовують для регулювання уставок?
82. Який елемент конструкції реле типу РТ-80 забезпечує протидіючий момент в індукційній частині реле?
83. Який елемент конструкції реле типу РТ-80 забезпечує протидіючий момент в електромагнітній частині реле?
84. Чому реле типу РТ-80 називають "реле з обмежено залежною характеристикою"?
85. За допомогою якого елемента і за рахунок чого можна регулювати струм відсічки реле РТ-80?
86. Чому для забезпечення роботи індукційного елемента необхідно не менше двох магнітних потоків, які зсунуті у просторі?
87. Для чого в конструкції реле застосовано постійний магніт?
88. Яку величину називають струмом відсічки реле РТ-80?
89. При якій кратності струму в обмотці реле РТ-80 стосовно струму спрацьовування починається "незалежна" частина ампер-секундної характеристики?
90. Які елементи конструкції реле РТ-80 впливають на величину коефіцієнта повернення індукційної частини?
91. Наведіть перелік операцій по контролю технічного стану реле РТ-80.
92. Яку величину називають коефіцієнтом повернення реле РТ-80?
93. Класифікація реле часу.
94. Основні складові елементи реле часу РВ-100.
95. Призначення додаткового резистора та іскрогасильного контуру для реле РВ-100. Склад іскрогасильного контуру.
96. Стислий принцип дії реле РВ-100.

97. Призначення та принцип регулювання уставок реле часу з годинниковим механізмом.
98. Призначення реле часу типу РВ-100.
99. Основні характеристики реле РВ-100.
100. Основні етапи при контролі технічного стану реле РВ-100.
101. Надати визначення характеристиці реле РВ-100 "розкид часу".
102. Межі застосування проміжного реле РП-23.
103. Основні елементи будови реле типу РП-23.
104. Перелічити технічні дані реле типу РП-23.
105. Назвіть етапи методики контролю технічних характеристик реле типу РП-23.
106. Надати стислий зміст визначення електричних характеристики реле РВ-100 та РП-23 при контролі технічних характеристик.
107. Яким чином проводиться перевірка функціонування реле РВ-100?
108. Назвіть найбільш розповсюдженні розчеплювачі автоматичних вимикачів.
109. Що розуміють під терміном «електродинамічна стійкість автоматичних вимикачів» та чим її характеризують?
110. Якщо в каталогах не приведені данні про електродинамічну стійкість, яким параметром слід керуватися при виборі вимикача?
111. Що розуміють під терміном «гранична комутаційна властивість вимикача»?
112. Що називають номінальним струмом розчеплювача автоматичного вимикача?
113. Який струм розчеплювача називають струмом його уставки?
114. Що розуміють під повним часом вимикання вимикача?
115. У яких випадках використовують технічний параметр автоматичного вимикача «повний час відключення»?
116. Чому в автоматичних вимикачах дуже рідко використовують тільки тепловий розчеплювач?
117. Наведіть форму часострумової характеристики автоматичного вимикача з комбінованим розчеплювачем.
118. Наведіть головну умову успішного погашення електричної дуги при відключенні вимикача.
119. Чому у вимикачах передбачено дві пари контактів на кожному полюсі?
120. Назвіть основні елементи дугогасного пристрою вимикача.
121. За рахунок чого у вимикачах забезпечується зносостійкість контактів?
122. З якого матеріалу виготовляють дугогасну камеру вимикача?
123. З якою метою у вимикачах передбачено механізм вільного розчіплювання?
124. Який елемент вимикача забезпечує захист мережі від перенавантаження?

125. Наведіть схему вимірювання параметрів спрацювання вимикачів.
126. Яким чином можна впевнитись, що вимикання вимикача здійснено за рахунок розчеплювача із залежною характеристикою?
127. Якої величини має бути струм при перевірці дії теплових розчеплювачів?
128. Який електричний апарат називають вимірювальним трансформатором струму (ТС)?
129. Для яких цілей використовують вимірювальні ТС?
130. Приведіть схему заміщення вимірювального ТС?
131. Яким рівнянням характеризують роботу вимірювального ТС?
132. Які величини характеризують точність роботи вимірювальних ТС?
133. Чому нормальним режимом роботи ТС вважають режим, близький до режиму КЗ вторинної обмотки?
134. З якою метою визначають полярність виводів ТС?
135. Чим обмежується число вимірювальних приладів і реле, включених у коло вторинної обмотки ТС?
136. Перелічіть основні заходи щодо технічного обслуговування ТС?
137. Яку величину називають струмовою похибкою ТС?
138. Наведіть формулу визначення номінального коефіцієнта трансформації.
139. Які вимоги ставлять до ізоляції ТС?
140. Яку потужність називають «номінальною потужністю ТС»?
141. Чим визначається величина ЕРС у вторинній обмотці?
142. Чим забезпечується клас точності ТС?
143. Яку величину називають номінальним коефіцієнтом трансформації ТС?
144. Чому незадіяні вторинні обмотки ТС повинні бути завжди закороченими?
145. При якій величині струму в первинній обмотці ТС визначають коефіцієнт трансформації?
146. По яких признаках класифікують ТС?
147. Яким чином на кривій намагнічування позначають наявність короткозамкнених витків у вторинній обмотці?
148. Які трансформатори називають трансформаторами напруги (ТН)?
149. Наведіть принципову схему ТН.
150. На якому явищі заснована дія ТН?
151. Від яких параметрів і яким чином залежить миттєве значення електрорушійної сили?
152. Які магнітні потоки утворюються при роботі ТН?
153. Наведіть і поясніть рівняння електричного стану первинного кола ТН.
154. Наведіть і поясніть рівняння електричного стану вторинного кола ТН.

155. Наведіть і поясніть векторну діаграму ТН на холостому ході?
156. Наведіть схему заміщення ТН.
157. Наведіть векторну діаграму ТН під навантаженням.
158. Наведіть векторну діаграму ТН приведену до первинної обмотки.
159. Чим визначаються втрати напруги в ТН?
160. Наведіть формулу, що визначає втрати напруги в ТН.
161. Які величини визначають похибку ТН?
162. Покажіть за допомогою векторної діаграми, від чого залежить похибка ТН.
163. Які класи точності мають ТН і як вони забезпечуються?
164. Покажіть за допомогою векторної діаграми, за рахунок чого утворюються кутові похибки ТН?
165. Які потужності вказують у каталогах ТН?
166. Що розуміють під навантаженням ТН?
167. Перерахуйте основні технічні показники ТН.

3 ДОВІДКОВІ МАТЕРІАЛИ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

3.1 Класифікація електричних апаратів

Винятково широкий діапазон застосування електричних апаратів визначає різноманітність видів їхньої класифікації.

Електричні апарати класифікують за ознаками:

- 1) за величиною робочої напруги - низьковольтні (до 1000 В) і високовольтні (вище 1000 В);
- 2) за величиною робочого або комутованого струму – слабкоструміві (апарати керування, захисту, сигналізації) і сильнотруміві, які використовуються в силових колах;
- 3) за виконуваною функцією:
 - апарати комутації: вимикачі, роз'єднувачі, відокремлювачі, короткозамикачі, вимикачі навантаження, контактори, магнітні пускачі;
 - керування, захисту, сигналізації: реле різного типу, шляхові й кінцеві вимикачі (контактні й безконтактні);
 - командні: кнопки керування, ключі, командоконтроллери й командоапарати;
 - апарати захисту: плавкі запобіжники, розрядники, обмежувачі перенапруги.

До електричних апаратів відносять також пускорегулювальні опори.

За ознакою комутації й елементної бази електричні апарати розділяються на: електромеханічні; статичні; і гібридні.

Електромеханічні апарати відрізняються наявністю в них рухомих частин. Ці апарати мають рухому й нерухому контактні системи, що здійснюють комутацію електричних кіл.

Статичні апарати виконуються на основі силових напівпровідникових приладів, а також керованих електромагнітних пристроїв – магнітних підсилювачів, дроселів насичення й ін. Апарати цього виду звичайно відносяться до силових електронних пристроїв, тому що використовуються для керування струмами споживачів електричної енергії.

Гібридні електричні апарати являють собою комбінацію електромеханічних і статичних апаратів.

За функціональним призначенням розрізняють:

- апарати управління низької і високої напруги;
- апарати розподільних установок низької напруги;
- апарати автоматики.

Електричні апарати класифікують також:

- за родом струму: постійного й змінного;
- за частотою джерела живлення: апарати з нормальною (до 50 Гц) і апарати з підвищеною (від 400 Гц до 10 кГц) частотою;
- за родом виконуваних функцій: комутуючі, регулювальні, контролюючі, вимірювальні, обмежувальні за струмом або напругою, стабілізуючі.

3.2 Апарати розподільних установок низької напруги

Апарати розподільних установок низької напруги (до 1000 В) призначені для захисту електричного устаткування від аварійних режимів, пов'язаних з появою струмів перевантаження й короткого замикання, неприпустимого зниження напруги, появою струмів витоку на землю при ушкодженні ізоляції, зворотних струмів і т.п.). Ці апарати поділяються на автоматичні вимикачі й низьковольтні запобіжники.

Автоматичні вимикачі (автомати) вмикаються й вимикаються відносно рідко. Вони здатні відключати великі струми короткого замикання (до 150 кА), а вимикання відбувається з вираженим ефектом обмеження струму. Автомати, як правило, мають тепловий і, часто, електромагнітний розчіплювач та складні контактно-дугогасильні пристрої.

Низьковольтні запобіжники служать для захисту електроустаткування від великих струмів перевантаження й струмів короткого замикання.

3.3 Автоматичні вимикачі

Основні види автоматів: універсальні, установочні, швидкодіючі, гасіння магнітного поля, захисту від витоків на землю.

Швидкодіючі автомати постійного струму встановлюються звичайно в перетворювальних установках. Час їхнього спрацьовування вимірюється декількома сотими частками секунди.

Автомати гасіння магнітного поля призначені для гасіння поля збудження великих синхронних машин при виникненні в них внутрішнього короткого замикання.

Автомати захисту від струмів витоку на землю служать для захисту людей і тварин від враження електричним струмом, а також від струмів короткого замикання й перевантажень у мережах із глухозаземленою нейтраллю.

Переважне поширення одержали універсальні й установочні автомати. Останні відрізняються від перших лише наявністю ізоляційного кожуха, завдяки чому вони можуть встановлюватися в загальнодоступних приміщеннях. Універсальні автомати постійного й змінного струмів працюють, головним чином, у розподільних установках низької напруги.

За способом приєднання автомати діляться на стаціонарні й висувні. Стаціонарні автомати за способом монтажу можуть бути як переднього приєднання, так і заднього. Переднє приєднання буває як із кріпленням на din-рейці, так і із кріпленням гвинтами або болтами.

3.4 Вибір автоматів

Автомати вибирають за їх номінальним струмом. Уставки струмів розчіплювачів визначають за такими співвідношеннями:

1. Для силових одиночних електроприймачів:

струм уставки теплового розчіплювача – $I_T \geq 1.25 I_n$

струм уставки електромагнітного розчіплювача – $I_e \geq 1.2 I_{\text{пуск}}$

де I_n – номінальний струм електроприймача; $I_{\text{пуск}}$ – пусковий струм електродвигуна.

2. Для групи силових (двигунових) електроприймачів відповідно:

$$I_T \geq 1.1 I_{\text{макс}}; I_e \geq 1.2 (I_{\text{пуск}} + I_{\text{макс}})$$

де $I_{\text{макс}}$ – найбільший сумарний струм групи електроприймачів у номінальному режимі;

$I_{\text{пуск}}$ – пусковий струм найбільшого електродвигуна.

Автомати використовуються не тільки для комутації й захисту електродвигунів і кіл електроустановок різного призначення. Вони встановлюються також в шафах ліній, що відходять від комплектних трансформаторних підстанцій (КТП).

Автомати випускаються на змінні від 220 до 660 В і постійні напруги – від 110 до 440 В з ручним чи електродвигуновим приводом.

Найбільше розповсюдження одержали автомати серій:

1. «Електрон» – для установки в розподільних установках постійної напруги до 440 В и змінної 660 В. Струми вимикання від 50 до 160 кА.

2. АЕ-1000, АЕ-2000 – для захисту кіл і електроприймачів від

перевантаження й коротких замикань. Напруги: змінні 380, 660 В, постійні – 110, 220 В. Струми вимикання, від 1000А до 10 кА.

3. Автомати А-3000, ВА і АП.

3.5 Автоматичні вимикачі серії АЕ 20

Структура умовного позначення

АЕ 20Х1Х2Х3 – Х4Х5Х6 – Х7Х8 – Х9Х10 – Х11:

АЕ – вимикач автоматичний;

20 – номер серії;

Х1 – величина вимикача залежно від номінального струму

1 – 10А; 2 – 16 А; 3 – 25 А; 4 – 63 А; 5 – 100 А; 6 – (зазвичай – 160 А, на сьогодні АЕ206Х випускають із номінальним струмом до 250А); автомати АЕ201Х АЕ202Х не випускаються, їх можливо замінити на АЕ203Х;

Х2 – умовне позначення числа полюсів і наявності розчіплювачів:

2 – у трьохполюсному корпусі, у двох фазах електромагнітний розчіплювач;

3 – триполюсні з електромагнітними розчіплювачами струму;

4 – однополюсні з електромагнітними й тепловими розчіплювачами струму;

5 – у трьохполюсному корпусі, у двох фазах тепловий і електромагнітний розчіплювачі;

6 – триполюсні з електромагнітними й тепловими розчіплювачами струму;

9 – триполюсні з тепловими розчіплювачами струму;

Х3 – букви М, ММ, МП звичайно визначали модернізацію (М) і підвищену граничну комутаційну здатність (П). На сьогодні це не однозначно.

Х4 – наявність вільних контактів:

1 – без вільних контактів;

2 – один замикаючий вільний контакт;

3 – один розмикальний вільний контакт;

4 – один замикаючий й один розмикаючий вільні контакти;

Х5 – додаткові розчіплювачі;

0 – без додаткових розчіплювачів;

2 – незалежний розчіплювач;

Х6 – температурна компенсація й регулювання номінального струму теплового розчіплювача;

Р – регулювання номінального струму теплових розчіплювачів і температурна компенсація;

Н – регулювання номінального струму теплових розчіплювачів без температурної компенсації;

Б – без регулювання номінального струму теплових розчіплювачів і температурної компенсації для розподільних пунктів;

0 – без регулювання номінального струму теплових розчіплювачів і температурної компенсації;

Х7, Х8 – ступінь захисту (00 – IP00; 20 – IP20);

X9X10 – кліматичне виконання;
У, Т категорії розміщення 3 (без оболонки, ступеня захисту IP00);
У, Т, УХЛ категорії розміщення 2 (в оболонці ступеня захисту IP54);
X11 – клас зносостійкості (А перший; Б другий).

3.6 Автоматичні вимикачі серії ВА

Структура умовного позначення серії ВА, за винятком автоматичних вимикачів з монтажем під din-рейку й автомата ВА 1626.

ВА Y1Y2Y3Y4 – X1X2 X3X4 X5X6 – A1A2A3A4:

ВА – вимикач автоматичний;

Y1Y2 – серія автоматичного вимикача,

Y3Y4 – максимальний номінальний струм: 36 – 400А, 29 – 63А, 25 – 50А, 31 – 100А, 35 – 400А, 38 – 500А, 39 – 630А, 41 – 1000А, 43 – 2000А;

X1 – число полюсів і кількість максимальних розчіплювачів струму:

1 – однополюсний з максимальним розчіплювачем струму;

2 – двополюсні максимальним розчіплювачем струму в кожному полюсі;

3 – триполюсні з максимальним розчіплювачем струму в кожному полюсі;

6 – двополюсні вимикачі постійного струму;

8 – двополюсні з максимальні розчіплювачі струму, в 3-х полюсному корпусі;

X2 – виконання максимальних розчіплювачів струму в зоні захисту:

0 – відсутні;

2 – розчіплювач у зоні струмів короткого замикання

3 – розчіплювач у зоні струмів короткого замикання, (для автоматів ВА 13, ВА 29 розчіплювач у зоні струмів короткого замикання з уповільненням спрацьовування, для автоматів ВА 55, ВА 53 напівпровідниковий розчіплювач МРТ1, для автомата ВА 16 – комбінований);

4 – розчіплювач у зоні струмів короткого замикання й перевантаження;

X3X4 – виконання по додаткових складальних одиницях;

X5 – вид приводу й спосіб установки вимикача:

1 – ручний привід, стаціонарне виконання;

2 – врубний, ручний привід;

3 – електромагнітний привід, стаціонарне виконання;

5 – ручний дистанційний привід, висувне виконання;

7 – електромагнітний привід, висувне виконання;

X6 – виконання по додаткових механізмах:

0 – додаткові механізми відсутні;

5 – ручний дистанційний привід для оперування через двері розподільної установки;

6 – пристрій для блокування положення «Відключено» вимикача стаціонарного виконання;

7 – додатковий замок;

8 – додатковий замок і кінцеві вимикачі положення автомата;

9 – врубний, електромагнітний привід.

A1A2 – ступінь захисту за ГОСТ 14255-69:

20 – IP20;

00 – IP00;

A3A4 – кліматичне виконання й категорія розміщення (УХЛЗ.1, УХЛЗ, ТЗ).

3.7 Автоматичні вимикачі серії АП

Структура умовного позначення

АП50Б – XXXX X XXX:

АП50Б – серія;

XXXX – максимальні розчеплювачі струму;

для вимикачів без додаткових розчіплювачів 2М, 2МТ; 3М; 3МТ цифра – кількість полюсів і максимальних розчіплювачів;

для вимикачів з додатковими розчіплювачами 1М2Т (двохполюсний), 2М3Т, 2М (трьохполюсні).

Перша цифра – число максимальних електромагнітних розчіплювачів.

Друга цифра – число максимальних теплових розчіплювачів: М – електромагнітний; Т – тепловий;

Х – додаткові розчіплювачі;

Т – тепловий;

Н – розчіплювач мінімальної напруги (номінальні напруги 110, 127, 220, 380, 400, 415В змінного струму частотою 50 Гц);

Д – незалежний розчіплювач (номінальні напруги 110, 127, 220, 380, 400, 440В змінного струму частотою 50 і 60 Гц і 220В постійного струму для АП50Б 1М2ТД УЗ);

О – максимальний розчіплювач струму в нульовому проводі;

XXX – кліматичне виконання (У, ХЛ, Т) і категорії розміщення (2, 3, 5);

УЗ, ТЗ, ХЛ5 – без оболонки;

У2, Т2, ХЛ5 – в додатковій металевій оболонці ступеня захисту IP54.

3.8 Рубильники

Таблиця 3.1 – Технічні дані рубильників

Тип	Напруга, В	Ном. струм I_n , А	Струм динамічної стійкості, кА	Термічна стійкість, $\text{кА}^2 \text{сек}$	Маса, кг	Примітки
1	2	3	4	5	6	7
РЗ1	До 660	100	10	16	0,89	
РЗ2	—"	250	20	64	1,52	
РЗ4	—"	400	30	144	2,8	
РЗ6	—"	630	40	256	4,9	
РБЗ1	—"	100	10	16	3,43	З боковою рукояткою
РБЗ2	—"	250	20	64	4,78	
РБЗ4	—"	400	30	144	6,0	
РБЗ6	—"	630	40	256	7,0	

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7
РШЗ4	—"	400	30	144	2,8	Управління штангою
РШЗ6	—"	630	40	256	4,9	
РПБЗ1	—"	100	10	16	3,4	Важільний боковий привід
РПБЗ2	—"	250	20	64	4,4	
РПБЗ4	—"	400	30	144	7,3	
РПБЗ6	—"	630	40	256	9,6	
РПЦЗ1	—"	100	10	16	3,0	
РПЦЗ2	—"	250	20	64	3,7	Важільний центральний привід
РПЦЗ4	—"	400	30	144	5,4	
РПЦЗ6	—"	630	40	256	7,4	
Р2115	До 1000	630	35	500	12	З центральною рукояткою
Р2315	—"	1600	50	1000	23,5	
Р2515	—"	2500	60	1300	56,5	
Р2715	—"	4000	80	150	97	
Р2126	—"	630	35	500	26,5	З приводом від маховика; Р2126 – з дугогасильною камерою
Р2125	—"	630	35	500	26,5	
Р2325	—"	1600	50	1000	39,5	
Р2525	—"	2500	60	1300	75	
Р2725	—"	4000	80	1500	115	
Р2545	—"	2500	60	1300	58	З пополюсним управлінням зйомною штангою
Р2745	—"	4000	80	1500	98,5	
РЕ 13-41	До 660	1000	85	3200	21	Для комутації електричних кіл змінного струму 50 і 60 Гц без навантаження
РЕ 13-43	—"	1600	100	5000	34	
РЕ 13-45	—"	2500	120	7200	57	
РЕ 13-46	—"	3200	140	8600	71	
РЕ 13-47	—"	4000	180	12800	76	
РЕ 17-65	До 440	50	300	84500	295	Для комутації електричних кіл постійного струму без навантаження
РЕ 17-70	—"	100	300	84500	590	
РЕ 17-74	—"	150	300	84500	884	

Примітки: Вимикання номінальних струмів рубильниками без дугогасних камер не допускається; за наявності камер при напрузі 660 В змінного і 440 В постійного струму допускається вимикати струм, що дорівнює $0.5 I_{\text{ном}}$; при змінному струмі напругою 380 В і постійному напругою 220 В допускається вимикати струм рівний $I_{\text{ном}}$.

3.9 Запобіжники

Корпус запобіжника виготовляється з фарфору чи стекла у вигляді пустотілої трубки (НПН), або пустотілого паралелепіпеда (ПН) і, як правило, заповнюється кварцевим піском. У запобіжників типу ПР (патрони розбірні)

пустотіла трубка виготовляється з фібри, а наповнювач відсутній. Запобіжники цього типу випускаються на номінальну напругу 380 В (короткий патрон) і 500 В (довгий патрон).

Інколи плавкі вставки випускаються у вигляді суміщених рубильників-запобіжників для неавтоматичного вимикання електричних кіл напругою до 500В і захисту від струмів короткого замикання і перевантажень. Це апарати типу РПП11 з номінальним струмом 80-250 А. Швидкодіючі запобіжники застосовуються для захисту напівпровідникових установок від коротких замикань.

Таблиця 3.2 – Запобіжники з наповнювачем з закритим нерозбірним патроном серії НПН2 і розбірним патроном серії ПН2 напругою до 500 В

Тип	Ном. струм I_n , А		Граничний струм вимикання, кА	Маса, кг
	Запобіжника	Плавкої вставки		
НПН2	15	6, 10, 16	10	
НПН2	63	6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 63	10	0,2
ПН2	100	31.5; 40, 50, 63, 80, 100	100	0,49
ПН2	250	80, 100, 125, 160, 200, 250	100	0,89
ПН2	400	200, 250, 315, 355, 400	40	1,64
ПН2	630	315; 400, 500, 630	25	3,01
ПН2	1000	500, 630, 750, 800, 1000	10	

Таблиця 3.3 – Запобіжники плавкі типу ПП17

Тип	Ном. струм I_n , А		Граничний струм вимикання, кА		Маса, кг
	Запобіжника	Плавкої вставки	380 В	=220 В	
ПП17	1000	500, 630, 800, 1000	120	100	2,15

Примітка: Запобіжники призначені для захисту від перевантажень і коротких замикань

Таблиця 3.4 – Запобіжники плавкі типу ПП24

Тип	Ном. струм I_n , А		Граничний струм вимикання, кА	Маса, кг
	Запобіжника	Плавкої вставки		
ПП24	25	2; 4; 6,3; 10; 16; 25	100	0,25
	63	25; 40; 63		0,37
	100	63; 80; 100		0,94

Примітка: Запобіжники ПП24 призначені для захисту електрообладнання промислових установок і електричних мереж з номінальною напругою 660 В змінного струму частотою 50 Гц і до 440 В постійного струму від перевантажень і коротких замикань.

Таблиця 3.5 – Запобіжники плавкі швидкодіючі типу ППІ57

Тип	Ном. струм I_n , А		Номінальна напруга, В		Інтеграл Джоуля, $A^2 \times c$	Маса, кг
ППІ57-31	100	25; 40; 63; 100 40; 63; 100 63; 100	220 380 660	200 440 660	1.4	1,45 2,0 2,5
ППІ57-34	250	160, 250	220 380	160 440	1.3	0,25 0,7
ППІ57-37	400	315, 400 315	380 660 1250 2000	440 660 1000 —	140	1,15 1,5 1,5 2,5
ППІ57-39	630	500, 630	380 660 1250	440 660 1000	300	1,8 2,2 2,0
ППІ57-40	800	800	380 660	440 660	—	1,8 2,2

Таблиця 3.6 – Запобіжники плавкі типу ПР-2, 500В

Тип	Номінальний струм, А	Номінальні струми плавких вставок, А	Граничний струм вимикання при напрузі	
			380 В	500 В
ПР-2-15	15	6; 10; 15	8000	7000
ПР-2-60	60	15; 20; 25; 35; 45; 60	4500	3500
ПР-2-100	100	60; 80; 100	—	—
ПР-2-200	200	100; 125; 160; 200	11000	10000
ПР-2-350	350	200; 225; 260; 300; 350	13000	11000
ПР-2-600	600	350; 430; 500; 600	23000	—
ПР-2-1000	1000	600; 700; 850; 1000	20000	20000

3.10 Контактори

Контактором називається електричний апарат з самоповерненням для багатократного дистанційного вмикання і вимикання силового електричного навантаження змінного і постійного струму, а також рідких вимикань струмів перевантажень. Струм перевантаження складає 7-10 кратно значення відносно номінального струму.

Контактори постійного і змінного струму, як правило, мають конструктивні відмінності, тому в більшості випадків не є взаємозамінними. В них не передбачається захист, як у автоматів і пускачів. Контактори мають головні і допоміжні, або блок-контакти, які призначені для організації кіл управління і

блокування. Головні контакти, як правило, обладнуються дугогасильними пристроями.

Контактори забезпечують велике число вмикань і вимикань (циклів) при дистанційному управлінні, число циклів залежно від категорії контактора складає від 30 до 3600 за годину.

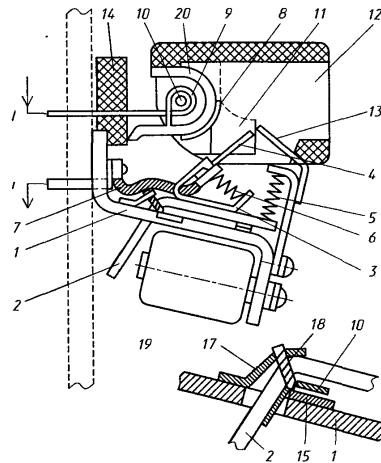


Рисунок 3.1 – Конструктивна схема контактора постійного струму КПВ 600

На рисунку 3.1: 1 – стальна скоба – основа; 2 – якір; 3 – скоба; 4 і 8 – рухомий і нерухомий контакти; 5 – зворотна пружина; 6 – контактна пружина; 7 – мідний гнучкий зв'язок; 9 – котушка магнітного дуття; 10 – сердечник магнітного дуття; 11 – сталеві полоси магнітного дуття; 12 – дугогасильна камера; 13-20 – дугогасильні роги; 14 – ізоляційна основа; 15 – вставка-призма повороту; 16 – змінна пластина; 17 – планка; 18 – пружина; 19 – котушка вмикання; I – комутований струм

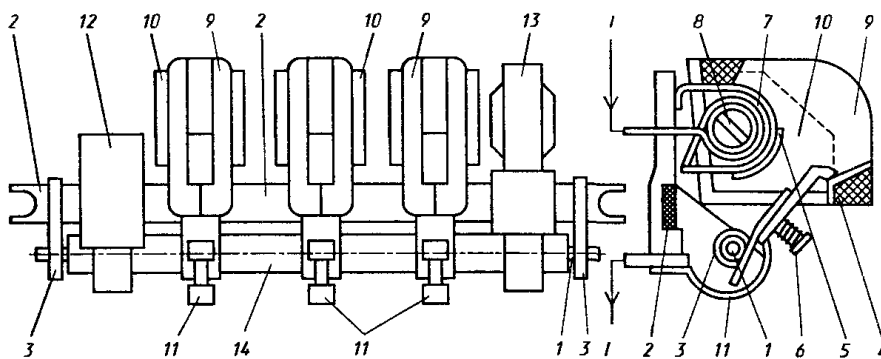


Рисунок 3.2 – Конструктивна схема контактора КТ6000

1 – вал; 2 – металева ізольована рейка; 3 – підшипники; 4 і 5 – рухомий і нерухомий контакти; 6 – контактна пружина; 7 – котушка магнітного дуття; 8 – сердечник системи магнітного дуття; 9 – дугогасильна камера; 11 – полоси системи магнітного дуття; 12 – вузол допоміжних контактів; 13 – електромагніт; 14 – ізоляційний шар на металевому валу; I – комутований струм

Таблиця 3.7 – Характеристики контакторів

Тип	Номинальні		Дані обмотки		Власний час, с		Зносостійкість		Припустима частота спрацювань, (цикли за годину)	Додаткові відомості
	Напруга, В	Струм, А	Напруга, В	Потужність, Вт	вмикання	вимикання	механічна	комутаційна		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Контактори постійного струму										
КП1	220	20, 40 71	110	20	0,1	0,04			1200	
КП2	220	20, 40 71	220	180	0,2- 0,3	0,1			240	
КП7	660	2500	110, 220	180	0,25	0,07			240	
КП207	600	2500	110, 220	30 70	0,2	0,25	10 ⁷		300-1200	
КПВ600	220	63, 100 160	110, 220	110	0,2- 0,3	0,1			240	Для важких режимів роботи
КМВ621	220	50	40-220	–	0,05	–			–	Для управління приводами високовольтних вимикачів
КПД100	220	25-250	110-440	35	–	–	10 ⁷	10 ⁶	1200	Для кранових установок і електротранспорту
Контактори постійного і змінного струму										
МК1	220, 500	40	24-200	31	0,06	0,04	10 ⁷	–	240	
КМ200	220, 380	До 600	До 380	50	–	–	–	–	600	
КМЗ-0	220 380	40	127-220	–	–	–		10 ⁶	–	–
РПК1	440; 500	10	До 500	–	–	–	10 ⁷	–	–	–

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Контактори змінного струму										
КТ6000	380 660	100, 160, 250, 400, 630, 1000	–	–	0,03- 0,04	0,02	–	–	1200	Для важких режимів роботи
КВДК630	660	630						2×10^6	3800	Вакуумний
КТ12Р33-37	660-1140	160-630					5×10^6	2×10^6	600-1200	Вакуумний
КТД121	<500	40	–	–	–	–	–	–	1200	–
КТПВ600	<380	63,100, 160, 250	–	–	–	–	–	–	1200	Для управління асинхронними двигунами в важких умовах змішаного живлення металургійних приводів
К1000	<1600	400(без охолодження водою) 800(при охолодженні водою і частоті 800 Гц)	–	–	–	–	–	–	–	На підвищену частоту струму від 500 до 8000 Гц
Бездюгові контактори										
БКБ	380	100	–	–	–	–	10^7	10^7	2000	
МК2-20Е	380	63	–	–	–	–	–	–	1200	
МК2-30Е	660	100	–	–	–	–	–	3×10^6	1200	–
МК3-30Е	660	100						3×10^6	1200	
КБК	660	250					$1,6 \times 10^6$	–	1200	

3.11 Магнітні пускачі

Магнітні пускачі призначені для пуску, зупинки, реверсування і захисту головним чином асинхронних двигунів. Найчастіше застосовуються магнітні пускачі типу ПМА, ПМЕ, ПА (ПАЕ), ПМЛ. Пускачі виконуються відкритими, закритими, захищеними, реверсивними і неревверсивними. Як правило магнітний пускач вміщується в сталевий кожух. Управління здійснюється за допомогою кнопок *Пуск*, *Стоп* (*Вперед*, *Назад*). Ескіз магнітного пускача типу ПАЕ показаний на рисунку 3.3.

Пускачі серії ПМА призначені для управління асинхронними двигунами в діапазоні потужностей від 1.1 до 75 кВт напругою 380-660В.

Пускачі серії ПМЕ виконуються з прямоходовою магнітною системою і управлінням на змінному струмі. Напруга від 36 до 500В. Захищене виконання мають пускачі ПМЕ-031, -032, -051, -081, -084, -121, -123, -124, -221, -222, -223, -224; пилебризкозахищене виконання ПМЕ-061, -062, -091, -092, -093, -094, -131, -132, -133, -134, -231, -232, -233, -234; непарні – без теплового реле, парні – з тепловим реле. Пускачі серії ПМЕ-200, а також ПМЕ-11Т, ПМЕ-113Т мають тропічне виконання. Частота вмикань при ПВ 70% складає 600.

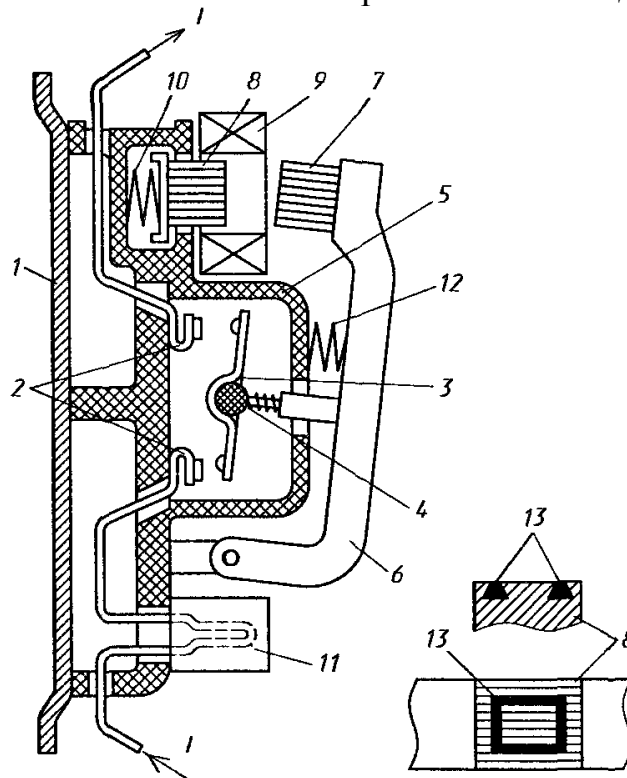


Рисунок 3.3 - Конструктивна схема магнітного пускача ПАЕ

- 1 – металева основа; 2 і 3 нерухомі і рухомі місткові контакти;
4 – контактна пружина; 5 – дугогасильна камера; 6 – траверса; 7 – ярмір;
8 – котушка; 9 – магнітопровід; 10 – амортизаційні пружини; 11 – теплове реле; 12 – короткозамкнутий виток; I – комутований струм

Пускачі серії ПМЕ, ПАЕ мають комутаційну здатність до 2×10^6 і частоту вмикань до 1200 за годину.

Вибір контакторів і пускачів здійснюється за номінальною напругою мережі, номінальною напругою живлення котушок контакторів і пускачів, за номінальним комутованим струмом приймача електроенергії.

Технічні параметри пускачів типу ПМЕ і ПАЕ приведені в таблиці 3.8.

Пускачі серії ПАЕ з управлінням на змінному струмові – окремі виконання ПАЕ313, -314, -411, -412 застосовуються переважно в верстатобудуванні.

Пускачі серії ПМА призначені для управління асинхронними двигунами потужністю 1.1-75 кВт; мають реверсивне і нереверсивне виконання, з тепловим і без теплового реле, відкрите і захищене виконання; механічна зносостійкість в апаратах на струм до 63 А складає $16-10^6$, вище 63 А – 10 циклів; комутаційна – відповідно 3-10 і 2.5 – 10 циклів.

Номінальний струм контактів допоміжних кіл лежить в межах 4 – 10 А. Технічні дані пускачів ПМА наведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Технічні параметри пускачів типу ПМЕ і ПАЕ

Параметр	ПМЕ-000	ПМЕ-10	ПМЕ-200	ПАЕ-300	ПАЕ-400	ПАЕ-500	ПАЕ-600
Номінальний струм при напругах 380/500В	3/1.1	10/6	25/14	40/21	63/35	110/61	146/80
Граничний струм вмикання і вимикання при напрузі 380В і $\cos\varphi=0.4$, А	30	100	280	400	630	100	1500
Провал головних контактів, мм	2.4±0.4	2.5±0.5	3±0.5	2.2±0.5	3.2±0.5	4±0.5	4±0.5
Початкове натискання на містковий контакт, Н	1.1	2.0	4.6	13	18	33	50
Зазор в головних контактах, мм	2.8	2.5	3	3	3.5	3.5	4
Матеріал контактної накладки	Серебро	КМК А30	КМК А30	КМК А10	КМК А10	КМК А10	КМК А10
Пускова потужність, яку споживає обмотка, ВА	65	130	160	260	465	800	3400
Номінальна потужність обмотки, ВА	3.6	6	8	17	20	26	38
Маса, кг	0.33	0.64	0.65	2.66	43	7.6	103

Таблиця 3.9 – Технічні дані пускатрів серії ПМА

Номінальний струм, А	Номінальна напруга, В	Найбільша потужність керованого двигуна при 380 В, кВт	Габаритні розміри, мм	Маса, кг
4	500	1.1	65×60×100	0.6
10	500	4.0	74×90×109	0.8
25	500,660	10	90×98×115	1.1
40	500,660	17	108×110×135	1.8.
63	500,660	30	120×120×158	2.6
100	500,660	55	135×150×170	3.3
160	500,660	75	160×170×200	5

Магнітні пускаті типу ПМЛ призначені для дистанційного пуску, зупинки і реверсування трьохфазних асинхронних двигунів з коротко замкнутим ротором при напрузі до 660 В змінного струму частотою 50 Гц, а в виконанні з трьохполюсними тепловими реле серії РТЛ – для захисту електродвигунів від недопустимих перевантажень і від струмів, які виникають від обриву однієї із фаз.

Пускаті можуть комплектуватися обмежувачами перенапруги типу ОПН. В цьому випадку пускаті можуть застосовувати в системах управління з застосуванням мікропроцесорної техніки при шунтуванні котушки вмикання перешкодоподавлюючим пристроєм чи при тиристорному управлінні.

Номінальна змінна напруга котушок вмикання: 24, 36, 40, 48, 110, 127, 220, 230, 240, 380, 400, 415, 500, 660 В частотою 50 Гц і 110, 220, 380, 400, 415, 440 В частотою 60 Гц.

Пускаті ПМЛ на струми 10-63 А мають прямо ходову магнітну систему. Контактна система розташована перед магнітною. Рухома частина електромагніту складає одне ціле з траверсою, в якій передбачені рухомі контакти і їх пружини. Пружина повернення електромагніту розташована на середньому керні рухомої частини електромагніту. На дугогасильній камері є направляючі для приєднання додаткових приставок: контактної приставки типу ПКЛ чи пневмоприставки ПВЛ, кнопки «Пуск» чи «Стоп» і сигнальної лампи.

Теплові реле серії РТЛ приєднуються безпосередньо до корпусів пускатів.

Позначення магнітних пускатів: ПМЛ-XXXXXXXXXX:

ПМЛ-серія;

X – величина пускатя за номінальним струмом (1 – 10 А, 2 – 25А, 3 – 40 А, 4 – 63 А);

X – виконання пускатів за призначенням і наявністю теплового реле (1 – нереверсивний, без теплового реле; 2 – нереверсивний, з тепловим реле; 5 – реверсивний без теплового реле з механічним блокуванням для ступеня захисту IP00 і IP20 і з електричним і механічним блокуванням для ступеня захисту IP40 і IP54; 6 – реверсивний пускат з тепловим реле з електричним і механічним блокуванням; 7 – пускат «зірка-трикутник» ступеня захисту IP54);

X – виконання пускачів за ступенем захисту і наявністю кнопок управління і сигнальної лампи (0 – IP00; 1 – IP54 без кнопок; 2 – IP54 з кнопками «Пуск» і «Стоп»; 3 – IP54 з кнопками «Пуск» і «Стоп» і сигнальною лампою (виготовляється тільки на напругу 127, 220 і 380В, 50Гц); 4 – IP40 без кнопок; % – IP40 з кнопками «Пуск» і «Стоп»; 6 – IP20;

X – число і вид контактів допоміжного кола: 0 – 1з (на струм 10 і 25 А), 1з×1р (на струм 40 і 63 А), змінний струм; 1 – 1р (на струм 10 і 25 А), змінний струм; 2 – 1з (на струм 10, 25, 40, 63 А), змінний струм; 5 *- 1з (на 10 і 25 А), постійний струм; 6 – 1р (на струм 10 і 25 А), постійний струм;

X – сейсмостійке виконання (С);

X – виконання пускачів з кріпленням на стандартні рейки P2-1 і P2-3;

XX – кліматичне виконання (О) і категорія розміщення (2, 4);

X – виконання за комутаційною стійкістю (А, Б, В).

Пускачі на струм 10, 25, 40 і 63 А допускають установку однієї додаткової контактної приставки ПКЛ або пневмоприставки ПВЛ.

Таблиця 3.10 – Основні характеристики магнітних пускачів типу ПМЛ на 10 А

Тип	1100	1110	1210	1220	1230
Величина номінального струму, А	10				
Виконання і наявність термореле	нереверсивний без термореле		Нереверсивний з термореле		
Ступінь захисту і наявність кнопок	IP00	IP54 без кнопок	IP54 без кнопок	IP54 з кнопками "Пуск" і "Стоп"	IP54 з кнопками "Пуск" і "Стоп" і сигнальною лампою
Число і виконання контактів допоміжних кіл	Змінний струм в колі управління, 1 замикаючий				

Таблиця 3.11 – Основні характеристики магнітних пускачів типу ПМЛ на 25 А

Тип	2100	2110	2210	2220	2230
Величина номінального струму, А	25				
Виконання і наявність термореле	нереверсивний без термореле		Нереверсивний з термореле		
Ступінь захисту і наявність кнопок	IP00	IP54 без кнопок	IP54 без кнопок	IP54 з кнопками "Пуск" і "Стоп"	IP54 з кнопками "Пуск" і "Стоп" і сигнальною лампою
Число і виконання контактів допоміжних кіл	Змінний струм в колі управління, 1 замикаючий				

Таблиця 3.12 – Основні характеристики магнітних пускачів типу ПМЛ на 40 А

Тип –	3100	3210	3220	3230
Величина номінального струму, А	40			
Виконання і наявність термореле	нереверсивний без термореле	Нереверсивний з термореле		
Ступінь захисту і наявність кнопок	IP00	IP54 без кнопок	IP54 з кнопками "Пуск" і "Стоп"	IP54 з кнопками "Пуск" і "Стоп" і сигнальною лампою
Число і виконання контактів допоміжних кіл	Змінний струм в колі управління, 1 замикаючий і 1 розмикаючий			

Таблиця 3.13 – Основні характеристики магнітних пускатів типу ПМЛ на 63 А

Тип	4100	4210	4220	4230
Величина номінального струму, А	63			
Виконання і наявність термореле	нереверсивний без термореле	Нереверсивний з термореле		
Ступінь захисту і наявність кнопок	IP00	IP54 без кнопок	IP54 з кнопками "Пуск" і "Стоп"	IP54 з кнопками "Пуск" і "Стоп" і сигнальною лампою
Число і виконання контактів допоміжних кіл	Змінний струм в колі управління, 1 замикаючий і 1 розмикаючий			

Номінальний струм контактів приставок ПВЛ і сигнальних контактів пускатів – 10 А. Приставки ПВЛ мають 1 замикаючий і 1 розмикаючий контакт. Номінальний струм контактних приставок ПКЛ – 16 А.

3.12 Ручні пускачі

Ручні пускачі призначені, в основному, для управління асинхронними двигунами невеликої потужності. Пускачі ПНВ випускаються в трьохполюсному, а ПНВС – в двохполюсному виконанні. Третій полюс пускача ПНВС замикається при натисканні кнопки, а при її відпусканні – розмикається. Через нього, як правило, вмикається пускова обмотка двигуна чи конденсатор на час пуску.

Таблиця 3.14 – Пускачі ручні змінного струму на напругу до 500 В

Тип	Номінальний струм, А	Найбільша потужність керованого двигуна при 380 В, кВт				Зносостійкість, млн.. ВО		Маса, кг
		127	220	380	500	комутаційна	механічна	
ПНВ	10	1.7	3	4.5	1.7	400	1.2	0.57
ПНВС	6.3	0.27	0.6	0.6	–	400	1.2	0.57

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Конспект лекцій курсу «Електричні апарати» (для студентів 3 курсу денної і 4 курсу заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.050701– «Електротехніка та електротехнології», а також для слухачів другої вищої освіти за спеціальністю «Електротехнічні системи електроспоживання») / С. В. Швець ; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ, 2013 – 152 с.
2. Чунихин А. А. Электрические аппараты. Учебное пособие. – Москва : Энергоатомиздат, 1989 г. – 397 с.
3. Методичні вказівки до самостійного вивчення курсу «Електричні апарати» (для студентів 3,4 курсів денної і 4 курсу заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.050701 – Електротехніка та електротехнології, а також для слухачів другої вищої освіти за спеціальністю «Електротехнічні системи електроспоживання») / Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: В. В. Скопенко, С. В. Швець. – Харків : ХНУМГ, 2014. – 24 с.
4. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем: Учебник для вузов/ Под ред. А. Ф. Дьякова. – Москва : Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. – 504 с.
5. Про затвердження Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів. Наказ Міністерства палива та енергетики від 25.07.2006 № 258 (Із змінами, внесеними згідно з Наказами Міністерства енергетики та вугільної промисловості № 91 від 13.02.2012, № 905 від 16.11.2012, № 273 від 16.05.2013).
6. Правила улаштування електроустановок. – Видання третє, перероблене, і доповнене, 2010. – 736 с.
7. Крючков И. П., Кувшинский Н. Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. – Москва : Энергия, 1978. – 455 с.
8. Неклепаев Б. Н. Электрическая часть станций и подстанций. – Москва : «Энергия», 1980. – 470 с.
9. Околович М. Н. Заземление нейтралей в электрических сетях. – Изд-во МЭИ, 1977. – 25 с.
10. Буряк В.М. Вибір електричних апаратів захисту в мережах до 1000 В. Навчально-методичний посібник до практичних занять та самостійної роботи. / Буряк В. М., Дейнеко Н. А. – Харків, 2007. – 62 с.
11. Буряк В.М., Дейнеко Н.А. Электрообладания тяговых подстанций. Навчально-методичний посібник. Харків, ХНАМГ, 2005 р. – 76 с.
12. Буряк В. М. Визначення струмів короткого замикання в електричних мережах. / Буряк В. М., Дейнеко Н. А. – Харків, 2003 р. – 88 с.
13. Дейнеко Н.А. Электричні установки, апарати, вторинні кола й електричні проводки напругою до 1000 В. Методичний посібник. – Харків, ХНАМГ, 2004 р. – 128 с.
14. Алиев И. И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию. – 3-е изд. – Москва : Высшая школа, 2002. – 255 с.

15. Шестеренко В. Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Підручник. – Вінниця : Нова Книга, 2004.– 656 с.
16. Электротехнический справочник в 4-х т. Т.2. Электротехнические изделия и устройства/ Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. И.Н. Орлов). – 8-е изд. испр. и доп. – Москва : Издательство МЭИ, 1998. – 518 с.
17. Справочная книга электрика / Под ред. В. И. Григорьева. – Москва : Колос, 2004.
18. Киреева Э. А. Справочные материалы по электрооборудованию (цеховые электрические сети, электрические сети жилых и общественных зданий). – Москва : НТФ «Энергопрогресс», 2004.
19. Электроснабжение и электрооборудование жилых и общественных зданий. Э. А. Киреева, В. И. Григорьев, А. П. Минтюков, А. Н. Чохонелидзе. – Москва : Энергоиздат, 2003.
20. Электроснабжение и электрооборудование цехов. Э. А. Киреева, В. И. Григорьев, В. А. Миронов, А. Н. Чохонелидзе. — Москва : Энергоиздат, 2003.
21. Неклепаев Б. Н., Крючков И. П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. Пособие для вузов.–4-е изд. перераб. и доп. – Москва : Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.: ил.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання контрольної роботи
з курсу

ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ

*(для студентів 3,4 курсів денної і заочної форм навчання
за напрямом підготовки 6.050701 – Електротехніка та електротехнології,
а також для слухачів другої вищої освіти
за спеціальністю «Електротехнічні системи електроспоживання»)*

Укладачі: **ШВЕЦЬ** Сергій Вікторович,
РУМ'ЯНЦЕВ Дмитро Валерійович

Відповідальний за випуск: *І. Т. Карпалюк*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2016, поз. 231М

Підп. до друку 11.05.2016

Друк на ризографі

Тираж 50 пр.

Формат 60x84/16

Ум. друк арк. 2,1

Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4705 від 28.03.2014р.